

## Inconel 625 镍基高温合金激光增材制造内应力控制方式研究\*

赵宇辉<sup>1,2,3</sup>, 赵吉宾<sup>1,2</sup>, 王志国<sup>1,2</sup>, 王福雨<sup>1,3</sup>

(1.中国科学院沈阳自动化研究所, 辽宁 沈阳 110016; 2.中国科学院机器人与智能制造创新研究院, 辽宁 沈阳 110169; 3.中国科学院大学, 北京 100049)

**摘 要:**基于有限元分析的方法,结合镍基高温合金的材料特性和增材制造工艺特点,对提出的几种激光增量制造内应力控制方式进行了数值模拟分析。模拟结果表明,提出的几种内应力控制方式如:单点预热应力控制方法、激光表面扫光内应力控制方法、基于环境温度的内应力控制方法及先分区成形再整体连接的内应力控制方法,都可有效去除激光增材制造加工过程中产生的内应力,几种方式简单易行,具有较强的工程实际意义。

**关 键 词:**激光增材制造;镍基高温合金;内应力控制;数值模拟

中图分类号: TG146.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2020)03-0073-07

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2020.03.15

### Research on the Stress Control Methods of Inconel 625 Nickel-Based Alloys Fabricated by Laser Melting Additive Manufacturing

ZHAO Yu-hui<sup>1,2,3</sup>, ZHAO Ji-bin<sup>1,2</sup>, WANG Zhi-guo<sup>1,2</sup>, WANG Fu-yu<sup>1,3</sup>

(1. Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China;

2. Institutes for Robotics and Intelligent Manufacturing, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110169, China;

3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;)

**Abstract:** Based on the finite element analysis method, and combined with the Inconel 625 nickel-based alloy's material properties and process characteristics, several stress control methods of laser melting additive manufacturing are analyzed. The simulation results show that the internal stress can be removed by the four control methods, which are the single point of preheating stress control method, surface sweeping by laser stress control method, based on the internal stress of environment temperature stress control method, and the partition formed first, then the whole connection stress control method. The control methods are simple and have strong significance in the field of engineering.

**Key words:** laser melting additive manufacturing; Inconel 625 nickel-based Alloys; stress control; numerical simulation

激光增材制造技术极大地提升了制造业的技术水平,带来了产品设计、制造工艺和生产观念的巨大变革。近年来,激光增材制造技术已经在国防工业、航空航天、核电和冶金等许多重要工业领域得到了许多应用<sup>[1-2]</sup>。激光增材制造是一种革命性的创新制造方式,其在复杂结构零件制造及功能梯度零件制造等方面具有无可比拟的优势。激光增材制造是一个循环加热并循环冷却的过程,由于各部分冷却速度不同,必然会导致

零件内部应力水平分布不均匀<sup>[3-4]</sup>。因此,采用一些手段控制激光增材制造零件的应力水平,防止零件内部应力集中具有非常重要的意义。因此,激光增材制造内应力控制一直是学术界热点研究问题<sup>[5-7]</sup>。一般来说,对于激光增材制造内应力控制,有两种思路:一种是通过施加外场影响,达到应力控制的目的,如基板预热、加工环境控制等<sup>[8-10]</sup>;另外一种是通过加工过程中扫描路径的控制达到应力控制的目的<sup>[11-12]</sup>。本文基于有限元

收稿日期: 2019-09-02

作者简介: 赵宇辉(1983-),男,辽宁省沈阳市人,博士,副研究员。

\* 基金项目: 国家自然科学基金(51805526);国家重点研发专项(2018YFB1105802)。